

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**№3
2026**

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

2026 • 3



ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

Editor-in-Chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of IAAS and NAS RK, General Director of the Research Institute of Petroleum Refining and Petrochemicals (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960> <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Editorial Board:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the JSC "Phytochemistry Research and Production Center", (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

RAMAZANOV Tlekkaul Sabitovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/13503476>

ABIEV Rufat, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1405661>

OLIVIERO Rossi Cesare, PhD (Chemistry), Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/399768>

TIGINYANU Ion Mihailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

SANG SU Kwak, PhD (Biochemistry, Agricultural Chemistry), Professor, Chief Scientist, Research Center for Plant Systems Engineering, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

BERSIMBAYEV Rakhmetkazhi Iskenderovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/19854255>

CALANDRA Pietro, PhD (Physics), Professor, Institute for the Study of Nanostructured Materials (Rome, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/616360>

BOSHKAEV Kuantai Avgazyevich, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2080231>

BURKITBAEV Mukhambetkali, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29017135>

QUEVEDO Hernando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30353742>

ZHUSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/566>

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of NAS of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

TAKIBAEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1671760>

KHARIN Stanislav Nikolaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2023295>

ABISHEV Medeu Erzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Corresponding Member of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1556025>

ABILMAGZHANOV Arlan Zainutallaevich, PhD in Chemistry, First Deputy Director General of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky", (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES.

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Owner: «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of Information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan № **KZ93VPY00121157** issued **05.06.2025**

Thematic scope: *physics and chemistry*.

Periodicity: 4 times a year.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрыңұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ХҒАҚ және ҚР ҰҒА академигі, Мұнай өңдеу және мұнай-химиясы ғылыми-зерттеу институтының бас директоры (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960%3Cp%3Ehttps://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакция ұжымы:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нұрәділұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, "Фитохимия" ғылыми-өндірістік орталығы " АҚ директоры (Қарағанды, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

РАМАЗАНОВ Тілеккабыл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/13503476>

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1405661>

ОЛИВЬЕРО Росси Сесаре, PhD (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/399768>

ТИГІНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

САНГ-СУ Квак, PhD (биохимия, агрохимия), профессор, Корея Биогылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIIBV), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. (Астана, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/19854255>

КАЛАНДРА Пьетро, PhD (физика), нанотехнология материалдары зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/616360>

БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2080231>

БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29017135>

QUEVEDO Hernando, профессор, Мексика ұлттық автономиялық университеті (UNAM), Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30353742>

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/566>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1671760>

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2023295>

ӘБІШЕВ Медеу Ержанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1556025>

ӘБІЛМАҒЖАНОВ Арлан Зайнуталлайұлы, химия ғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы "Отын, катализ және электрохимия институты" АҚ Бас директорының бірінші орынбасары, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктеуші: «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС (Алматы қ.).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі 05.06.2025 ж. берген № KZ93VPY00121157 Куәлік.

Тақырыптық бағыты: физика, химия.

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС, 2026

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик МАН и НАН РК, Генеральный директор НИИ нефтепереработки и нефтехимии (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960%3Cbr%3Ehttps://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

АДЕКЕНОВ Сергезы Мынжасарович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор АО "Научно-производственного центра "Фитохимия" (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/13503476>

АБИЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1405661>

ОЛИВЬЕРО Росси Чезаре, доктор философии (PhD, химия), профессор Университета Калабрии (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/399768>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

САНГ-СУ Квак, доктор философии (PhD, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэжон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендинович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/19854255>

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (PhD, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/616360>

БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич, PhD, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2080231>

БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29017135>

QUEVEDO Hernando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30353742>

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/566>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

ТАКИБАЕВ Нурғали Жабағәевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1671760>

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2023295>

АБИШЕВ Медеу Ержанович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1556025>

АБИЛМАТЖАНОВ Арлан Зайнуталлаевич, кандидат химических наук, первый заместитель генерального директора АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Собственник: ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр» (г. Алматы).

Свидетельство № KZ93VPY00121157 о повторной регистрации периодического печатного издания информационного агентства, информационного агентства и сетевого издания, выданное Республиканским государственным учреждением «Комитет информации» Министерства культуры и информации Республики Казахстан **05.06.2025**Тематическая направленность: *физика, химия*.

Периодичность: 4 раза в год.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр», 2026

CONTENTS

PHYSICS

Aliuly A., Kaltayev A.

Aliuly A., Kaltayev A. Assessment of the Applicability of Similarity Laws for Centrifugal Pump Scaling Based on Hydrodynamic Modeling.....14

Baratov A.G., Sailaubek A., Serik A.S.

Synthesis and Investigation of a Narrow-Bandgap SrTaO₂N-Based Photocatalyst.....33

Nurbayev B., Dmitriyeva E., Kemelbekova A.

Modern Methods of Selective Lithium Leaching from Spent Lithium-Ion Batteries.....45

Seitov A., Amanzholov T.

Comparative Analysis of One-Dimensional Physical-Hydrodynamic Models of Centrifugal Flow in an Impeller for Mineralized Media.....60

Syzdykova A.M., Serikbayev N.S., Kutum B.B.

Local Kodama-Type Transformations and Integrability Limits of the Extended Fifth-Order Korteweg-de Vries Equation.....83

Ualikhanova U.A., Ussipkyzy T., Altayeva G.S., Razina O.V.

Calculation of the Screened $f(T)$ Gravity Model.....101

Zhadyranova A.A., Tsyba P.Yu., Ismail U.K., Yerzhan B.

Divergence-Free Deceleration Parameter, Kinematic Constraints from DESI DR2 and Cosmic Chronometers.....123

Zhenishan K., Bekov S.S., Syzdykova A.M.

The Influence of Gaussian Process Parameters on Reconstructing the Hubble Constant.....146

CHEMISTRY

Amangeldi B., Zhanikulov N., Taimasov B., Aitureev M., Dauletiyarov M.

Research of the Firing Processes and Whiteness of White Cement Clinkers.....155

Baisalova G.Zh., Bauyrzhanova G.B., Niyaz G.A., Taltenov A.A., Ainabayev A.A.

Study of the Chemical Composition of Ethanol Extracts of Lady's Mantle by Gas Chromatography-Mass Spectrometry.....169

Bishimbaev V.K., Kapsalyamov B.A.

Hydrogeochemical Indicators of Sulfuric-Acid Uranium Leaching Impact on Groundwater in Shieli and Zhanakorgan Districts.....183

Darmenbayeva A.S., Aubakirova R.A. Nurgaliyeva D.A., Abylkassova G.E., Abilmazhinova G.A.

Structural and Morphological Features of Polymer-Metal Functional Materials.....205

Dyusebaeva M.A., Berganayeva A.E., Ibragimova N.A., Utaraliev D.M., Berganayeva G.E.

Green synthesis of silver nanoparticles using the n-butanol fraction of Galega officinalis L.....223

Dyussembekova S.B., Utarova D.A., Kuspanov Zh.B., Daulbayev Ch.B., Abdikarimova U.A. Investigation of the Effect of SrTiO ₃ Heat Treatment on the Photocatalytic Efficiency of the \	
Decomposition of an Amphoteric Antibiotic.....	239
Issayeva U.B., Akhmetova G.S., Praliyev K.D., Malmakova A.E., Seilkhanov T.M. 1-Benzyl-4-(p-Fluorobenzoyloxyimino)Piperidine Hydrochloride as a Candidate for	
an Anti-Infective Agent.....	252
Kamunur K., Yskak M., Mussapyrova L. Effect of Chemical Modification of Sodium Lignosulfonate on Flotation Properties in the	
Barite – Calcite System.....	264
Kononov A., Kamunur K., Mussapyrova L., Assylkhanova D., Batkal A. Obtaining and Studying the Inorganic Flocculant Al–Fe–Mn Based on Modified Bentonite.....	276
Kurmangaliyeva A.1, Akhmetova F.2, Kareshova Zh.1, Iskakov R. PDMA-Modified Tagan Bentonite for Hydrogen Production in Catalytic Conversion	
of Hydrocarbons.....	292
Kurtebayeva A.A., Silvia Álvarez-Torrellas., Noor Haida Mohd Kaus., Gomes H.T., Kalmakhanova M.S. Corn-Cob-Derived Fe-Modified Activated Carbons for Paracetamol and Sulfamethoxazole	
Removal by Adsorption and Oxidative Treatment.....	307
Nadirov R.K., Nurtazina N.D., Ryskaliyeva R.G. Response Surface Modelling and Optimisation of Ilmenite Flotation Using a Modified	
Lignosulphonate Reagent.....	334
Nefedov A.N., Taikenova A.T., Imashev B.K., Nurislamov R.M., Leontyeva X. Quantum Computing in the Modeling of Corrosion Processes.....	350
Nurkenov O.A., Fazylov S.D., Syzdykov A.K., Kabiyeva S.K., Zhaslan R.K. Synthesis and Structural Study of 3,5-Dimethylisoxazole Sulfone Derivatives with Secondary	
Amines.....	365
Orazbekova R.S., Tungatarova S.A., Baizhumanova T.S., Kaumenova G.B., Zhumabek M. Influence of Reaction Mixture Composition in Steam Reforming of Bioethanol on a High-Entropy	
Oxide Catalyst.....	382
Ryskaliyeva R.G., L.K. Beisembayeva, Osserov T.B. Hydrocyclone Classification of Balkhash Processing Plant Tailings.....	398
Sass A.S., Torlopov I.I., Rakhmetova K.S., Kenzin E.N., Zhurinov M. Formation and Maturation of Phosphate Coatings on Steel from an Alcohol-Based	
Phosphating Solution.....	418
Sdikova G.Zh., Dalabayeva N.S., Balkembay A.S., Sarova N.B., Zhaltyrbayeva N.K. Effect of Electrolyte Formulation on the Characteristics of Zinc-Based	
Electroplated Coatings.....	435
Seitkaliyeva N., Kussainova G., Zhursumbayeva M., Mohamad Ibrahim M.N., Abdiyev K. Study of the Flocculation Properties of Itaconic Acid-Based Copolymers.....	448

Sergazina S.M., Nurmukhanbetova N.N., Ostretsova I.B., Kamze A.R., Kassenova N.B. Comprehensive Assessment of Natural Drinking Water Quality and Statistical Analysis of Physicochemical Parameters.....	460
Talgatkyzy A., Nazhipkyzy M., Otenov A., Seitkazinova A., Issanbekova A. Wood Waste-Derived Organosolv Lignin-Based Carbon Nanofibers For Energy Storage Applications.....	475
Toktabayeva A.K., Makhayeva D.N., Rakhmetullayeva R.K., Rvaidarova G.O., Issenova G.D. Synthesis, Structure, and Physicochemical Properties of Sulfur-Containing Composites Based on Aniline, p-Phenylenediamine, Phenol, and Formaldehyde.....	498
Yeshmanova G.B., Smagulov D.U. Effect of Silicon-Based Particles on the Formation and Composition of PEO Coatings.....	517
Zhortarova A.A., Kubicek V., Ibrayev M.K., Panshina S.Y., Seidakhmetova R.B. N-Phosphorylation of Amino-thiazoles and Amino-Thiadiazoles with P(III)- and P(V)-Reagents: Synthesis, Structure, and Biological Activity.....	538
Zhussupova A., Tyumentseva O., Antonyuk V. Comparative Study of the Kinetics and Energy Characteristics of Planetary Milling of Copper Smelting Dump Slag and Granulated Lead-Smelting Slag.....	552

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

Әлиұлы А., Калтаев А.

Гидродинамикалық модельдеу негізінде ортадан тепкіш сорғыларды масштабтауда ұқсастық заңдарының қолданылуын бағалау.....14

Баратов А.Ғ., Сайлаубек А., Серік А.С.

SrTaO_2N негізіндегі тар тыйым салынған аймақты фотокатализаторды алу және зерттеу.....33

Нұрбаев Б., Дмитриева Е., Кемелбекова А.

Пайдаланылған литий-ионды аккумуляторлардан литийді селективті шаймалаудың заманауи әдістері.....45

Сейтов А.Н., Аманжолов Т.Е.

Минералданған орталарға арналған жұмыс дөңгелегіндегі ортадан тепкіш ағыстың бірөлшемді физикалық–гидродинамикалық модельдерін салыстырмалы талдау.....60

Сыздыкова А.М., Серикбаев Н.С., Кутум Б.Б.

Кенетейлген бесінші ретті Кортевег-де Фриз тендеуінің локалды кодам типті түрлендіруі мен интегралдану шектері.....83

Уалиханова У.А., Үсіпқызы Т., Алтаева Г.С., Разина О.В.

Экрандалған $f(T)$ – гравитация моделінің есебі.....101

Жадыранова А.А., Цыба П.Ю., Исмаил Ү.Қ., Ержан Б.

Дивергенциясыз бәсеңдеу параметрі, DESI DR2 және космикалық хронометрлер деректері бойынша кинематикалық шектеулер.....123

Жеңіскан Қ., Беков С.С., Сыздыкова А.М.

Хаббл тұрақтысын реконструкциялауға Гаусстық процестер параметрлерінің әсері.....146

ХИМИЯ

Амангелді Б., Жаникулов Н., Таймасов Б., Айтүреев М., Даулетияров М.

Ақ цемент клинкерлерінің күйдіру процестерін және ақтығын зерттеу.....155

Байсалова Г.Ж., Бауыржанова Г.Б., Нияз Г.А., Талтенов А.А., Айнабаев А.А.

Газ хроматография-масс-спектрометрия әдісімен кәдімгі теңгежапырақ өсімдігінің этанолды сығындыларының химиялық құрамын зерттеу.....169

Бишимбаев В.К., Капсаямов Б.А.

Шиелі және Жаңақорған аудандарындағы уранды күкірт қышқылымен шаймалаудың жер асты суларына әсерінің гидрогеохимиялық көрсеткіштері.....183

Дарменбаева А.С., Аубакирова Р.А., Нурғалиева Д.А., Абылкасова Г.Е., Абильмажинова Г.А.

Полимер-металл функционалдық материалдардың құрылымдық-морфологиялық ерекшеліктері.....205

Дюсебаева М.А., Берганаева А.Е., Ибрагимова Н.А., Утаралиев Д.М., Берганаева Г.Е.

Galega officinalis L. өсімдігінің N-бутанолдық фракциясы арқылы күміс нанобөлшектерін жасыл синтездеу.....223

Дюсембекова С.Б., Утарова Д.А., Құспанов Ж.Б., Даулбаев Ч.Б., Әбдікәрімова Ұ.Ә. Термиялық өңделген SrTiO ₃ фотокатализаторларының екідайлы антибиотикті тиімді ыдыратуын зерттеу.....	239
Исаева Ұ.Б., Ахметова Г.С., Пірәлиев Қ.Ж., Малмакова А.Е., Сейлханов Т.М. Жұқпалы ауруларға қарсы кандидат ретінде 1-бензил-4-(П-фторбензоилоксиимино) пиперидин гидрохлориді.....	252
Қамүнұр Қ., Ысқақ М., Мусапирова Л. Барит–кальцит жүйесіндегі натрий лигносульфонатының флотациялық қасиеттеріне химиялық модификацияның әсері.....	264
Кононов А., Қамүнұр Қ., Мусапирова Л., Асылханова Д., Батқал А. Модификацияланған бентонит негізіндегі Al–Fe–Mn бейорганикалық флокулянтын алу және зерттеу.....	276
Қурманғалиева А.1, Ахметова Ф., Карешова Ж., Исаков Р. Көмірсутектердің каталитикалық конверсиясы арқылы сутек алуға арналған ПДМА-модификацияланған таған бентониті.....	292
Қуртебаева А.А., Álvarez-Torrellas S., Noor Haida Mohd Kaus., Gomes H.T., Калмаханова М.С. Жүгері собықтарынан алынған темірмен модификацияланған белсендірілген көмірлермен парацетамол мен сульфаметоксазолды адсорбциялық-тотығу жолымен жою.....	307
Надиров Р.К., Нуртазина Н.Д., Рыскалиева Р.Г. Модификацияланған лигносульфонатты реагентті қолдану арқылы ильменит флотациясының жауап бетін модельдеу және оңтайландыру.....	334
Нефедов А.Н., Тайекенова А.Т., Имашев Б.К., Нурисламов Р.М., Леонтьева К.А. Коррозиялық процестерді модельдеудегі кванттық есептеулер.....	350
Нүркенов О.А., Фазылов С.Д., Сыздықов А.К., Қабиева С.Қ., Жаслан Р.К. Екіншілік аминдермен 3,5-диметилизоксазолдың сульфотуындыларын синтездеу және құрылымдық зерттеу.....	365
Оразбекова Р.С., Тунгатарова С.А., Байжұманова Т.С., Кауменова Г.Б., Жұмабек М. Жоғары энтропиялық оксид катализаторы қатысында биоэтанолдың бу риформингісіне реакциялық қоспа құрамының әсері.....	382
Рыскалиева Р.Г., Бейсембаева Л.К., Осеров Т.Б. Балқаш байыту фабрикасының байыту қалдықтарын гидроциклондық классификациялау.....	398
Сасс А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Кензин Э.Н., Жұрынов М. Спирт негізіндегі фосфаттау ерітіндісінен болат бетінде фосфатты жабындардың қалыптасуы және жетілуі.....	418
Сдикова Г.Ж., Далабаева Н.С., Балкембай А.С., Сарова Н.Б., Жалтырбаева Н.К. Мырыш негізіндегі гальваникалық қаптамалардың қасиеттеріне электролит құрамының әсері.....	435

Сейтқалиева Н., Құсаинова Г., Жүрсімбаева М., Мохамад Ибрагим М.Н., Әбдиев Қ. Итакон қышылы негізіндегі сополимерлердің флокуляциялық қасиеттерін зерттеу.....	448
Сергазина С.М., Нұрмұханбетова Н.Н., Острцова И.Б., Камзе А.Р., Касенова Н.Б. Табиғи ауыз су сапасын кешенді бағалау және физика-химиялық көрсеткіштерге статистикалық талдау.....	460
Талгатқызы Ә., Нажиқызы М., Өтенов Ә., Сейтқазинаева Ә., Исанбекова А. Ағаш қалдықтарынан алынған органосольв лигнин негізіндегі көміртеккі талшықтарды энергия сақтау жүйелерінде қолдану.....	475
Тоқтабаева Ә.Қ., Махаева Д.Н., Рахметуллаева Р.Қ., Рвайдарова Г.О., Исенова Г.Д. Анилин, п-фенилендиамин, фенол және формальдегид негізіндегі күкіртқұрамды композиттердің синтезі, құрылымы және физика-химиялық қасиеттері.....	498
Ешманова Г.Б., Смағұлов Д.У. Кремний негізіндегі бөлшектердің ПЭО жабындарының қалыптасуы мен құрамына әсері.....	517
Жортарова А.А., Kubicek V., Ибраев М.Қ., Паньшина С.Ю., Сейдахметова Р.Б. Р(III) және Р(V) реагенттерімен аминотиазолдар мен аминок-тиадиазолдарды N-фосфорлирлеу: синтезі, құрылымы және биологиялық белсенділігі.....	538
Жұсупова А., Тюменцева О., Антонюк В. Үйінді мыс балқыту шлагы мен қорғасын балқытудың түйіршіктелген шлагын планетарлық ұнтақтау кинетикасы мен энергетикасын салыстырмалы зерттеу.....	552

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Әлиұлы А., Калтаев А.

Оценка применимости законов подобия при масштабировании центробежных насосов на основе гидродинамического моделирования.....14

Баратов А.Г., Сайлаубек А., Серік А.С.Получение и исследование узкозонного фотокатализатора на основе SrTaO_2N33**Нұрбаев Б., Дмитриева Е., Кемелбекова А.**

Современные методы селективного выщелачивания лития из отработанных литий-ионных аккумуляторов.....45

Сейтов А.Н., Аманжолов Т.Е.

Сравнительный анализ одномерных физико-гидродинамических моделей центробежного течения в рабочем колесе для минерализованных сред.....60

Сыздыкова А.М., Серикбаев Н.С., Кутум Б.Б.

Локальные преобразование типа кодамы и пределы интегрируемости расширенного уравнения Кортевега-де Фриза пятого порядка.....83

Уалиханова У.А., Усипкызы Т., Алтаева Г.С., Разина О.В.Расчёт экранированной модели $f(T)$ -гравитации.....101**Жадыранова А.А., Цыба П.Ю., Исмаил У.Қ., Ержан Б.**

Дивергентно-свободный параметр замедления, кинематические ограничения по данным DESI DR2 и космических хронометров.....123

Женискан К., Беков С.С., Сыздыкова А.М.

Влияние параметров Гауссового процесса на реконструкцию постоянной Хаббла.....146

ХИМИЯ

Амангелди Б., Жаникулов Н., Таймасов Б., Айтурсев М., Даулетияров М.

Исследование процессов обжига и белизны клинкеров белых цементов.....155

Байсалова Г.Ж., Бауыржанова Г.Б., Нияз Г.А., Талтенов А.А., Айнабаев А.А.

Изучение химического состава этанольных экстрактов манжетки обыкновенной методом газ хроматографии-масс-спектрометрии.....169

Бишимбаев В.К., Капсалямов Б.А.

Гидрогеохимические индикаторы воздействия сернокислотного выщелачивания урана на подземные воды районов Шиели и Жанакоргана.....183

Дарменбаева А.С., Аубакирова Р.А., Нургалиева Д.А., Абылкасова Г.Е., Абилямажинова Г.А.

Структурно-морфологические особенности полимер-металлических функциональных материалов.....205

Дюсебаева М.А., Берганаева А.Е., Ибрагимова Н.А., Утаралиев Д.М., Берганаева Г.Е. Зеленый синтез серебряных наночастиц с использованием N-бутанольной фракции Galega Officinalis L.....	223
Дюсембекова С.Б., Утарова Д.А., Куспанов Ж.Б., Даулбаев Ч.Б., Абдикаримова У.А. Исследование влияния термической обработки SrTiO ₃ на фотокаталитической эффективности разложения амфотерного антибиотика.....	239
Исаева У.Б., Ахметова Г.С., Пралиев К.Д., Малмакова А.Е., Сейлханов Т.М. Гидрохлорид 1-бензил-4-(п-фторбензоилоксиимино) пиперидина в качестве кандидата в противомикробное средство.....	252
Қамұнұр Қ., Ысқақ М., Мұсапирова Л. Влияние химической модификации лигносульфоната натрия на его флотационные свойства в системе барит–кальцит.....	264
Кононов А., Қамұнұр Қ., Мұсапирова Л., Асылханова Д., Батқал А. Получение и исследование неорганического флокулянта Al–Fe–Mn на основе модифицированного бентонита.....	276
Курмангалиева А., Ахметова Ф., Карешова Ж., Исаков Р. ПДМА-модифицированный таганский бентонит для получения водорода при каталитической конверсии углеводородов.....	292
Куртебаева А.А., Álvarez-Torrellas S., Noor Haida Mohd Kaus., Gomes H.T., Калмаханова М.С. Модифицированные железом активированные угли из кукурузных початков для адсорбционно-окислительного удаления парацетамола и сульфаметоксазола.....	307
Надиров Р.К., Нуртазина Н.Д., Рыскалиева Р.Г. Моделирование поверхности отклика и оптимизация флотации ильменита с использованием модифицированного лигносульфонатного реагента.....	334
Нефедов А.Н., Тайкенова А.Т., Имашев Б.К., Нурисламов Р.М., Леонтьева К.А. Квантовые вычисления в моделировании коррозионных процессов.....	350
Нуркенов О.А., Фазылов С.Д., Сыздыков А.К., Кабиева С.К., Жаслан Р.К. Синтез и структурное исследование сульфопроизводных 3,5-диметилизоксазола совторичными аминами.....	365
Оразбекова Р.С., Тунгатарова С.А., Байжұманова Т.С., Кауменова Г.Б., Жумабек М. Влияние состава реакционной смеси в паровом риформинге биоэтанола на высокоэнтропийном оксидном катализаторе.....	382
Рыскалиева Р.Г., Бейсембаева Л.К., Осеров Т.Б. Гидроциклонная классификация хвостов обогащения Балхашской обогажительной фабрики.....	398
Сасс А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Кензин Э.Н., Журинов М. Формирование и созревание фосфатных покрытий на стали из фосфатирующего раствора на основе спирта.....	418

Сдикова Г.Ж., Далабаева Н.С., Балкембай А.С., Сарова Н.Б., Жалтырбаева Н.К. Влияние состава электролита на свойства гальванических покрытий на основе цинка.....	435
Сейткалиева Н., Кусаинова Г., Журсумбаева М., Мохамад Ибрагим М.Н., Абдиев К. Исследование флокулирующих свойств сополимеров на основе итаконовой кислоты.....	448
Сергазина С.М., Нурмуханбетова Н.Н., Острцова Н.Б., Камзе А.Р., Касенова Н.Б. Комплексная оценка качества природной питьевой воды и статистический анализ физико-химических показателей.....	460
Талгаткызы А., Нажибкизы М., Отенов А., Сейтказинова А., Исанбекова А. Углеродные волокна на основе органосольв лигнина, полученного из древесных отходов, для применения в системах хранения энергии.....	475
Токтабаева А.К., Махаева Д.Н., Рахметуллаева Р.К., Рвайдарова Г.О., Исенова Г.Д. Синтез, структура и физико-химические свойства серосодержащих композитов на основе анилина, п-фенилендиамина, фенола и формальдегида.....	498
Ешманова Г.Б., Смагулов Д.У. Влияние частиц на основе кремния на формирование и состав ПЭО покрытий.....	517
Жортарова А.А., Kubicek V., Ибраев М.К., Панышина С.Ю., Сейдахметова Р.Б. N-фосфорилирование аминотиазолов и амино-тиадиазолов с помощью реагентов Р(III) и Р(V): синтез, структура и биологическая активность.....	538
Жусупова А., Тюменцева О., Антонюк В. Сравнительное исследование кинетики и энергетики планетарного измельчения отвального медеплавильного шлака и гранулированного шлака свинцовой плавки.....	553

ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES
ISSN 2224-5227
Volume 3.
Number 359 (2026), 239-251

<https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.473>

UDC: 544.526.5

IRSTI: 29.19.31

©Dyussembekova S.B.^{1,2}, Utarova D.A.², Kuspanov Zh.B.², Daulbayev Ch.B.²,
Abdikarimova U.A.^{2,3*}, 2026.

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

²Laboratory of Electrochemical Conversion and Energy Storage,
Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan;

³Satbayev University, Almaty, Kazakhstan.

*E-mail: ulzhanabdi01@gmail.com

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SrTiO₃ HEAT TREATMENT ON THE PHOTOCATALYTIC EFFICIENCY OF THE DECOMPOSITION OF AN AMPHOTERIC ANTIBIOTIC

Dyussembekova Saule — PhD student, Research Scientist, Al-Farabi Kazakh National University; Laboratory of Electrochemical Conversion and Energy Storage, Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: saule.dyussembekova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9912-8108>;

Utarova Dina — Junior Research, Laboratory of Electrochemical Conversion and Energy Storage, Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: dinautarova.556430@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-6755-3055>;

Zhengisbek Kuspanov — PhD, Senior Research, Laboratory of Electrochemical Conversion and Energy Storage, Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: zhenis.kuspanov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2734-5346>;

Daulbayev Chingis — PhD, Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: ch.daulbayev@inp.kz; <https://orcid.org/0000-0002-7860-7799>;

Abdikarimova Ulzhan — PhD student, Research Scientist, Satbayev University; Laboratory of Electrochemical Conversion and Energy Storage, Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: ulzhanabdi01@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-3557-0894>.

Abstract. The development of highly efficient photocatalysts represents a promising approach to the removal of pharmaceutical contaminants from aqueous media. The photocatalytic activity of materials is determined by their structural and photoelectrochemical properties. In this study, the structural, morphological, photoelectrochemical, and photocatalytic properties of SrTiO₃-based photocatalysts synthesized at various calcination temperatures were investigated. SrTiO₃ was synthesized at temperatures ranging from 800 to 1100°C. The phase composition and crystal structure of the obtained samples were investigated using X-ray diffraction (XRD), while their morphology and particle size were examined using scanning

electron microscopy (SEM). SEM images were taken of all synthesized samples, and a comparative analysis of the effect of calcination temperature on particle morphology and size was conducted. To evaluate the photoelectrochemical properties of the materials, studies of the time dependence of the photocurrent and a Mott-Schottky analysis were performed. The results of the photocurrent measurements allowed us to evaluate the samples' ability to generate and transport charge carriers under the influence of light, while the Mott-Schottky analysis enabled us to determine their semiconductor properties and energy parameters.

The photocatalytic activity of the synthesized samples was evaluated based on the degradation of the antibiotic levofloxacin (LEV) under ultraviolet irradiation. Among the materials studied, the highest photocatalytic activity was observed in sample STO-1. After 90 minutes of ultraviolet irradiation, the degree of levofloxacin degradation reached 97.35%. The results of XRD and SEM analyses showed that the STO-1 sample possessed high crystallinity and relatively small particle size. Photocurrent analysis and Mott-Schottky analysis allowed us to characterize the sample's charge transport properties, which is consistent with its high photocatalytic activity. The results demonstrated a correlation between the structural and photoelectrochemical characteristics of the SrTiO_3 material and its photocatalytic properties. Thus, it was established that the synthesis temperature is a decisive factor determining the properties of SrTiO_3 -based photocatalysts, and that the STO-1 sample, obtained under optimal conditions, exhibits high efficiency in the photocatalytic degradation of levofloxacin.

Keywords: photocatalysis, photocatalytic activity, photodegradation of antibiotics, strontium titanate, levofloxacin

Funding: *This research has been funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. BR28712717).*

For citations: Dyussebekova S.B., Utarova D.A., Kuspanov Zh.B., Daulbayev Ch.B., Abdikarimova U.A. Investigation of the Effect of SrTiO_3 Heat Treatment on the Photocatalytic Efficiency of the Decomposition of an Amphoteric Antibiotic. *Academic Journal of Physical and Chemical Sciences*. 2026. No.3. Pp. 239-251. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.473>

©Дюсембекова С.Б.^{1,2}, Утарова Д.А.², Құспанов Ж.Б.², Даулбаев Ч.Б.²,
Әбдікәрімова Ұ.Ә.^{2,3*}, 2026.

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;

²Энергияны сақтау және электрохимиялық түрлендіру зертханасы, Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан;

³Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан.

*E-mail: ulzhanabdi01@gmail.com

ТЕРМИЯЛЫҚ ӨНДЕЛГЕН SrTiO₃ ФОТОКАТАЛИЗАТОРЛАРЫНЫҢ ЕКІДАЙЛЫ АНТИБИОТИКТІ ТИІМДІ ЫДЫРАТУЫН ЗЕРТТЕУ

Дюсембекова Сауле — PhD докторант, ғылыми қызметкер, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті; Энергияны сақтау және электрохимиялық түрлендіру зертханасы, Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан,

E-mail: saule.dyussebekova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9912-8108>;

Утарова Дина — кіші ғылыми қызметкер, Энергияны сақтау және электрохимиялық түрлендіру зертханасы, Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан,

E-mail: dinautaroova.556430@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-6755-3055>;

Құспанов Жәнісбек — PhD, аға ғылыми қызметкер, Энергияны сақтау және электрохимиялық түрлендіру зертханасы, Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан,

E-mail: zhenis.kuspanov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2734-5346>;

Даулбаев Чингис — PhD, Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан,

E-mail: ch.dauylbayev@inp.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7860-7799>;

Әбдікәрімова Ұлжан — PhD докторант, ғылыми қызметкер, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ техникалық зерттеу университеті; Энергияны сақтау және электрохимиялық түрлендіру зертханасы, Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан,

E-mail: ulzhanabdi01@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-3557-0894>.

Аннотация. Жоғары тиімді фотокатализаторларды әзірлеу су ортасындағы фармацевтикалық ластағыштарды жоюдың перспективалы бағыты болып табылады. Материалдардың фотокаталитикалық белсенділігі олардың құрылымдық және фотоэлектрохимиялық қасиеттерімен анықталады. Бұл жұмыста әртүрлі күйдіру температураларында синтезделген SrTiO₃ негізіндегі фотокатализаторлардың құрылымдық, морфологиялық, фотоэлектрохимиялық және фотокаталитикалық қасиеттері зерттелді. SrTiO₃ синтезі 800-1100°C температура аралығында жүргізілді. Алынған үлгілердің фазалық құрамы мен кристалдық құрылымы рентгендік дифракциялық талдау (РДТ) әдісімен, ал морфологиясы мен бөлшектерінің өлшемі сканерлеуші электрондық микроскопия (СЭМ) арқылы зерттелді. Барлық синтезделген үлгілер үшін СЭМ кескіндері алынып, күйдіру температурасының бөлшектердің морфологиясы мен өлшемдеріне әсері салыстырмалы түрде талданды. Материалдардың фотоэлектрохимиялық қасиеттерін бағалау үшін фототоктың уақытқа тәуелділігі және Мотт-Шоттки талдауы жүргізілді. Фототок нәтижелері үлгілердің жарық әсерінен заряд тасымалдаушыларын генерациялау және тасымалдау қабілетін

бағалауға, ал Мотт-Шоттки талдауы жартылай өткізгіштік қасиеттерін және энергетикалық параметрлерін анықтауға мүмкіндік берді.

Синтезделген үлгілердің фотокаталитикалық белсенділігі антибиотик левофloxсациннің (ЛЕВ) ультракүлгін сәулелену жағдайындағы деградациясы арқылы бағаланды. Зерттелген материалдардың арасында ең жоғары фотокаталитикалық белсенділік STO-1 үлгісінде байқалды. 90 минуттық ультракүлгін сәулеленуден кейін левофloxсациннің деградация дәрежесі 97,35%-ға жетті. РДТ және СЭМ нәтижелері STO-1 үлгісінің жоғары кристалдылық дәрежесімен және салыстырмалы түрде шағын бөлшек өлшемімен сипатталатынын көрсетті. Фототок және Мотт-Шоттки талдаулары осы үлгінің тиімді заряд тасымалдау қасиеттерін сипаттады, бұл оның жоғары фотокаталитикалық белсенділігімен сәйкес келеді. Алынған нәтижелер SrTiO_3 материалының құрылымдық және фотоэлектрохимиялық сипаттамаларының фотокаталитикалық қасиеттермен өзара байланысын көрсетті. Осылайша, синтез температурасы SrTiO_3 негізіндегі фотокатализаторлардың қасиеттерін анықтайтын маңызды фактор болып табылатыны және оңтайлы жағдайда алынған STO-1 үлгісінің левофloxсацинді фотокаталитикалық ыдыратуда жоғары тиімділік көрсететіні анықталды.

Түйін сөздер: фотокатализ, фотокаталитикалық белсенділік, антибиотиктердің фотодеградациясы, стронций титанаты, левофloxсацин

©Дюсембекова С.Б.^{1,2}, Утарова Д.А.², Куспанов Ж.Б.², Даулбаев Ч.Б.²,
Абдикаримова У.А.^{2,3*}, 2026.

¹Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

²Лаборатория электрохимического преобразования и хранения энергии,
Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан;

³Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан.

*E-mail: ulzhanabdi01@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ SrTiO_3 НА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛОЖЕНИЯ АМФОТЕРНОГО АНТИБИОТИКА

Дюсембекова Сауле — PhD докторант, научный сотрудник, Казахский Национальный университет имени аль-Фараби; Лаборатория электрохимического преобразования и хранения энергии, Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан,

E-mail: saule.dyussembekova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9912-8108>;

Утарова Дина — младший научный сотрудник, Лаборатория электрохимического преобразования и хранения энергии, Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан,

E-mail: dinautarova.556430@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-6755-3055>;

Куспанов Женисбек — PhD, старший научный сотрудник, Лаборатория электрохимического преобразования и хранения энергии, Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан,
E-mail: zhenis.kuspanov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2734-5346>;

Даулбаев Чингис — PhD, Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан,



E-mail: ch.daulbayev@inp.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7860-7799>;

Абдикаримова Улжан — PhD докторант, научный сотрудник, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева; Лаборатория электрохимического преобразования и хранения энергии, Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан,

E-mail: ulzhanabdi01@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-3557-0894>.

Аннотация. Разработка высокоэффективных фотокатализаторов представляет собой перспективный подход к удалению фармацевтических загрязнителей из водных сред. Фотокаталитическая активность материалов определяется их структурными и фотоэлектрохимическими свойствами. В данной работе были исследованы структурные, морфологические, фотоэлектрохимические и фотокаталитические свойства фотокатализаторов на основе SrTiO_3 , синтезированных при различных температурах прокаливания. SrTiO_3 синтезировали при температурах от 800 до 1100°C. Фазовый состав и кристаллическая структура полученных образцов были исследованы с помощью рентгеновской дифракции (РДА), а их морфология и размер частиц – с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Для всех синтезированных образцов были сделаны СЭМ-снимки, и было проведено сравнительное анализирование влияния температуры прокаливания на морфологию и размеры частиц. Для оценки фотоэлектрохимических свойств материалов были проведены исследования временной зависимости фототока и анализ по методу Мотта-Шоттки. Результаты измерения фототока позволили оценить способность образцов генерировать и транспортировать носители заряда под воздействием света, а анализ по методу Мотта-Шоттки – определить их полупроводниковые свойства и энергетические параметры.

Фотокаталитическая активность синтезированных образцов оценивалась по разложению антибиотика левофлоксацина (ЛЕВ) под воздействием ультрафиолетового излучения. Среди исследованных материалов наибольшая фотокаталитическая активность наблюдалась у образца STO-1. После 90 минут ультрафиолетового облучения степень разложения левофлоксацина достигла 97,35 %. Результаты РДА и СЭМ анализов показали, что образец STO-1 обладал высокой кристалличностью и относительно небольшим размером частиц. Анализ фототока и анализ по методу Мотта-Шоттки позволили охарактеризовать эффективные свойства образца по переносу заряда, что согласуется с его высокой фотокаталитической активностью. Полученные результаты продемонстрировали взаимосвязь между структурными и фотоэлектрохимическими характеристиками материала SrTiO_3 и его фотокаталитическими свойствами. Таким образом, было установлено, что температура синтеза является решающим фактором, определяющим свойства фотокатализаторов на основе SrTiO_3 , и что образец STO-1, полученный в оптимальных условиях, демонстрирует высокую эффективность при фотокаталитическом разложении левофлоксацина.

Ключевые слова: фотокатализ, фотокаталитическая активность, фотодеградация антибиотиков, титанат стронция, левофлоксацин

Кіріспе. ABO_3 перовскит құрылымы бар оксидтер, атап айтқанда стронций титанаты SrTiO_3 (STO), жоғары химиялық және құрылымдық тұрақтылығына байланысты фотокатализаторлар үшін материал ретінде кеңінен қолданылады (Odabasi Lee et al., 2024; Kaiya et al., 2024; Xin et al., 2025; Patial et al., 2020). Дегенмен, SrTiO_3 -ті қолданудың шектеуші факторы кристалдық құрылымның бетінде де, ішінде де электрон-тесік жұптарының рекомбинациясының жоғары жылдамдығы болып табылады. Бұл шектеуді еңсеру үшін құрылымдық және құрамдық оңтайландыруды жақсартудың әртүрлі әдістері қолданылады. Алдыңғы зерттеулерімізде синтез температурасының SrTiO_3 үлгілерінің құрылымдық ерекшеліктері мен каталитикалық қасиеттеріне, сондай-ақ органикалық бояғыштың ыдырау тиімділігіне әсері қарастырылды (Kuspanov et al., 2024; Wang et al., 2022). Күйдіру температурасының кристаллиттердің мөлшеріне айтарлықтай әсер ететіні атап өтіледі, бұл өз кезегінде алынған материалдардың фотокаталитикалық белсенділігін тікелей анықтайды (Serik et al., 2024). Ағынды сулар көп компонентті жүйелер екенін ескерсек, фотокатализаторларға қойылатын маңызды талап әмбебаптық болып табылады. Фотокатализаторларды тәжірибелік қолдану әртүрлі химиялық сипаттағы ластаушы заттардың тиімді ыдырау мүмкіндігіне байланысты. Дегенмен, ағынды суларды ластаушы заттардың алуан түрінен фармацевтикалық қосылыстарға, атап айтқанда күрделі молекулалық құрылымымен және биodeградацияға жоғары төзімділігімен ерекшеленетін антибиотиктерге ерекше назар аударылады (Yang et al., 2024; Porrawatkul et al., 2024; Wang et al., 2025). Осыған байланысты сулы ортада екідайлы антибиотиктерді жоюдың фотокаталитикалық тиімділігіне SrTiO_3 фотокатализаторын термиялық өндеудің әсерін зерттеу қызығушылық тудырады (Rabuffetti et al., 2010; Iriani et al., 2024). Екідайлы антибиотик ретінде фторхинолондар тобына жататын ЛЕВ таңдалды, ол сулы ортада жоғары химиялық тұрақтылықпен сипатталатындықтан классикалық әдістермен жою өте тиімсіз (Xu et al., 2023; Saya et al., 2022; Chen et al., 2025; Mathur et al., 2021).

Алдыңғы зерттеу нәтижелеріне сүйенсек, метилен көк бояғышының ыдырауы кезіндегі SrTiO_3 фотокатализаторының құрылымдық сипаттамалары мен фотокаталитикалық қасиеттері зерттелген еді (Kuspanov et al., 2024). Бұл жұмыс осы фотокатализатордың қолдану аясын кеңейту мақсатында басқа да ластағыштарды, соның ішінде левофлоксацин антибиотигінің ыдырау процесін зерттеуге бағытталды. Бұл жұмыста SrTiO_3 фотокатализаторының синтезі 800-1100°C күйдіру температурасы диапазонында жүзеге асырылады. Синтезделген композиттердің құрылымдық және құрамдық қасиеттері рентгендік дифракция және СЭМ әдістерімен сипатталды.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Материалдар: Анатаз (TiO_2 , тазалығы 99,7%, Sigma-Aldrich) модификациясындағы титан (IV) диоксиді, стронций нитраты ($\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, $\geq 98\%$, Sigma-Aldrich), қымыздық қышқылы дигидраты ($(\text{COOH})_2$, 99%, Sigma-Aldrich), ультра таза су (Elga Purelab Quest UV).

SrTiO_3 фотокатализаторының синтезі.

800, 900, 1000 және 1100°C температурада күйдіруге дейін SrTiO_3 синтезі

жұмыста сипатталған әдістеме бойынша химиялық тұндыру әдісімен жүргізілді (Kuspanov et al., 2024). Үлгілер сәйкесінше STO-1, STO-2, STO-3, STO-4 ретінде белгіленді.

Фотокаталитикалық реакция.

STO үлгілерінің фотокаталитикалық белсенділігіне және сулы матрицадағы ЛЕВ ыдырау дәрежесіне зерттеу жүргізілді. Тәжірибелер фотохимиялық реакторда сынап шамының сәулеленуімен жүргізілді (Xi'an Toption Instrument Co., Ltd, 300 Вт). 10 мг/л концентрациядағы 50 мл ЛЕВ ерітіндісіне 20 мг STO үлгісі қосылды. Ерітінді адсорбциялық-десорбциялық тепе-теңдікке жету үшін қараңғыда 30 минут бойы араластыру арқылы ұсталды, фотокаталитикалық активтілік бағалауының суреттерінде сұр фонмен көрсетілді. 90 минут ішінде әрбір 15 минут сайын реакциялық ерітіндіден 1 мл аликвоталар алынды. Содан кейін олар фотокатализатор бөлшектерін ерітіндіден бөлу үшін PVDF мембраналық сүзгісі (кеуек өлшемі 0,22 мкм) арқылы өткізілді, содан кейін ЛЕВ концентрациясы 290 нм толқын ұзындығында ультракүлгін-көрінетін спектрофотометр көмегімен анықталды.

Ыдырау тиімділігі келесі формула бойынша есептелді (Yuan et al., 2024):

$$\eta(\%) = \left(1 - \frac{C_t}{C_0}\right) * 100\% \quad (1)$$

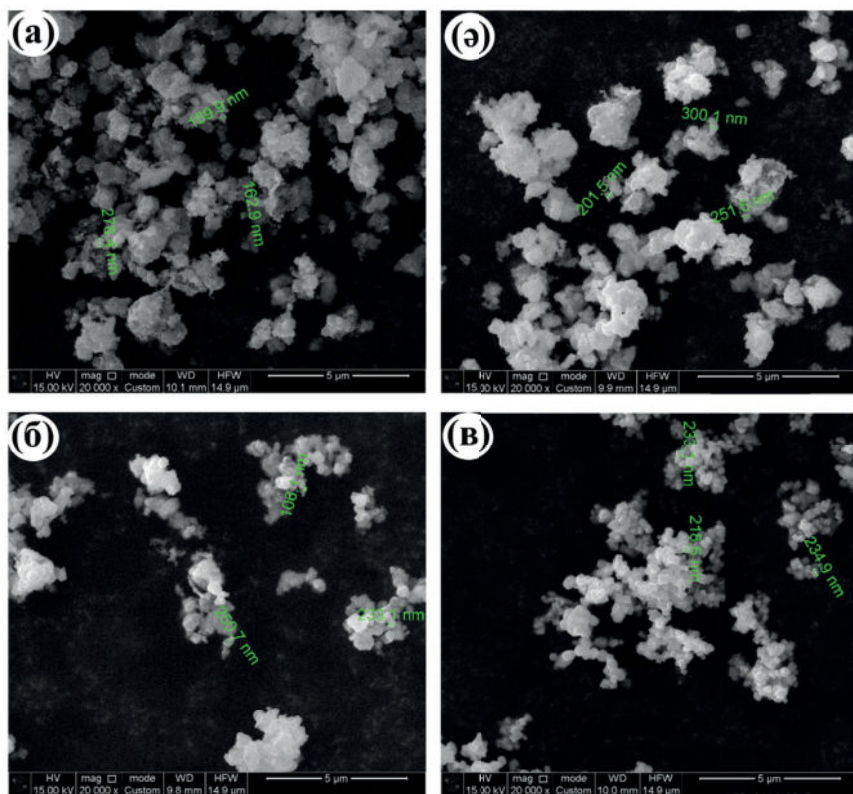
мұндағы η – ыдырау коэффициенті (%), C_0 – антибиотиктің бастапқы концентрациясы (мг/л), ал C_t – антибиотиктің t уақытындағы концентрациясы (мг/л).

Үлгі сипаттамасы (құрылымдық, спектрлік қасиеттері).

Құрылымы мен элементтік құрамын зерттеу 15 кВ-қа дейінгі кернеуде жұмыс істейтін Quanta 3D 200i (FEI, АҚШ) СЭМ арқылы жүргізілді. Бастапқы және модификацияланған үлгілердің кристалдық құрылымы мен фазалық құрамы толқын ұзындығы 1,5406 Å болатын D8 ADVANCE әмбебап кешенінде (Bruker, Германия) РДТ арқылы зерттелді. Жұмыс параметрлері 40 кВ, 40 мА, бұрыштар диапазоны 20-20°-тан 70°-қа дейін болды. Фотоэлектрохимиялық сипаттамалар Corrtest CS310M электрохимиялық жұмыс станциясында стандартты үш электродты ұяшықта жүргізілді. Жұмыс электродын дайындау үшін FTO әйнектеріне фотокатализатор үлгісі мен Nafion ертінідісі біркелкі жағылып, кептірілген. Салыстыру және қосалқы электродтар ретінде сәйкесінше Ag/AgCl (қаныққан KCl) және платина сымы қолданылды. Электролит ретінде 0,5 М Na₂SO₄ сулы ерітіндісі пайдаланылды. Барлық өлшеулер қуаттылығы 300 Вт ксенон шамының жарығы астында орындалды. Тұрақты фотоағым динамикасы жарықты периодты түрде қосу/өшіру (жарық қосулы/жарық өшірулі) циклдерінде 1,0 В потенциалда (Ag/AgCl-ге қатысты) хроноамперометрия әдісімен тіркелді.

Нәтижелер мен талқылаулар. 1-суретте СЭМ көмегімен алынған STO-1 (1а-сурет), STO-2 мен STO-3 (1ә, б-суреттер) және STO-4 (1в-сурет) үлгілерінің микроқұрылымдары берілген. СЭМ талдауы көрсеткендей, күйдіру температурасының 800°C-тан 1100°C-қа дейін біртіндеп жоғарылауы

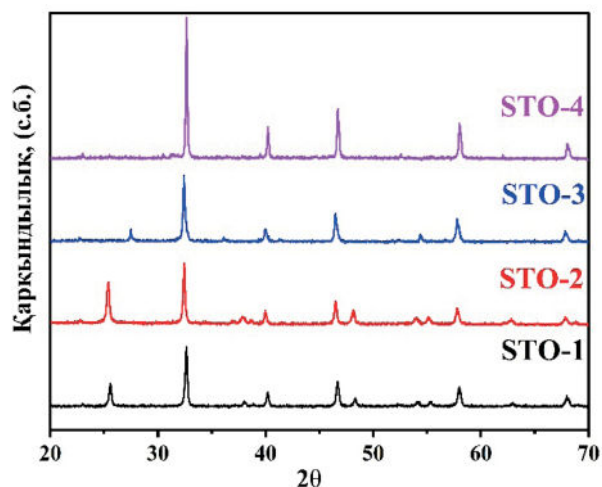
бөлшектер мөлшерінің ұлғаюуына және агломерацияның артуына әкелді. Аралық температураларда алынған STO-2 және STO-3 үлгілері бөлшектердің біртіндеп ірілену үрдісін көрсетсе, 1100°C температурада өңделген STO-4 үлгісі (1в-сурет) жоғары температурадағы кристаллиттердің белсенді өсуіне байланысты ірі агрегаттардың түзілуімен сипатталды. Керісінше, STO-1 үлгісі (1а-сурет) материалдың бүкіл бетіне біркелкі таралған ұсақ бөлшектерден тұратын құрылымды сақтап қалды (Aravinthkumar et al., 2022).



Сурет 1. STO-1 (а), STO-2 (б), STO-3 (в) және STO-4 (г) СЭМ кескіндері.

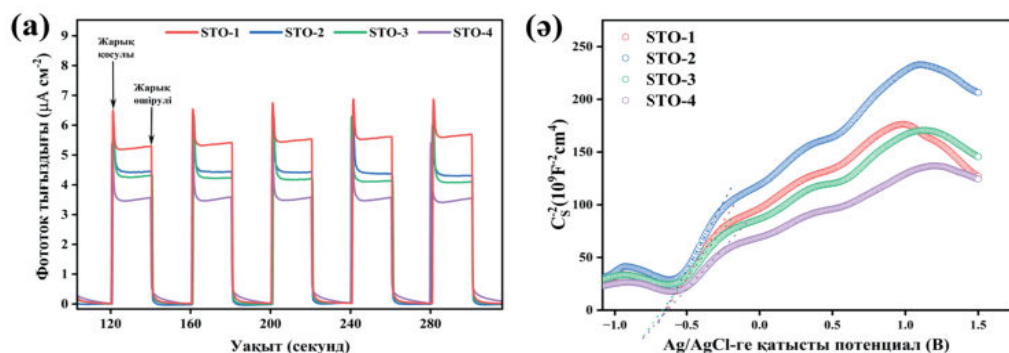
Бұл зерттеуде әртүрлі температуралық режимде синтезделген SrTiO_3 үлгілерінің кристалдық құрылымы мен фазалық құрамын анықтау үшін РДТ орындалды. Алынған дифрактограммалар бұрын жарияланған нәтижелермен толық сәйкес келеді және SrTiO_3 перовскит құрылымына тән пиктерді, сондай-ақ SrCO_3 қоспа фазасына жататын аналогты рефлексстерді көрсетеді (Kuspanov et al., 2024). Аталған сәйкестік қайталанбалы синтез нәтижесі мен материал кристалдық құрылымының тұрақтылығын растайды (2-сурет). Алынған дифракциялық диаграммалар ICDD #860178 мәліметтер базасына сәйкес Pm-3m кеңістіктік тобымен кубтық сингонияға жататын SrTiO_3 перовскиттік құрылымына сәйкес келеді. Сонымен бірге күйдіру температурасының 1100°C-қа дейін жоғарылауы

дифракциялық максимумдардың қарқындылығының салыстырмалы бірлігінің едәуір артуымен қатар жүреді, бұл түзілетін SrTiO_3 фазасының кристалдық дәрежесінің жоғарылауын көрсетеді.



Сурет 2. Рентгендік дифракциялық талдау нәтижелері.

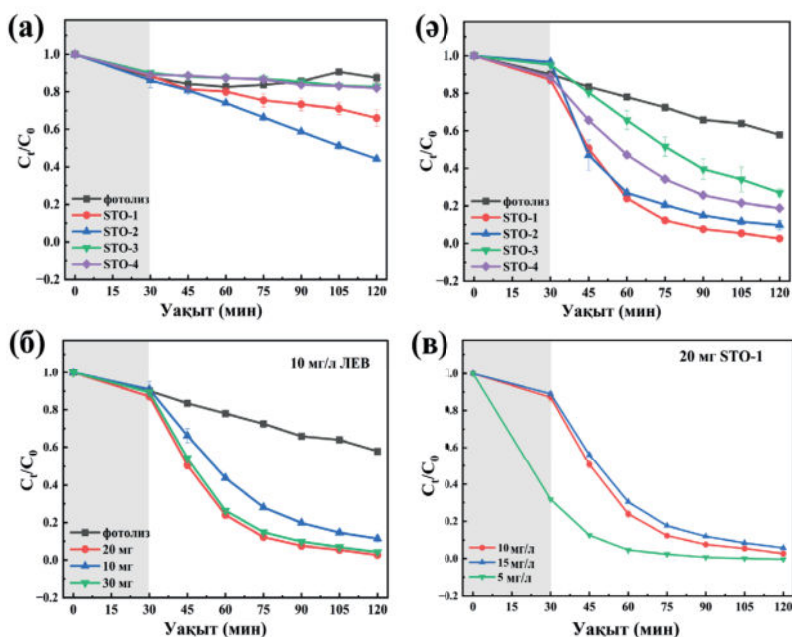
3(a) суретте STO-1, STO-2, STO-3, STO-4 композиттерінің фототок қисықтары көрсетілген. Алынған деректерге сәйкес, 5 эксперимент циклінен кейін STO-1 фототоктың жоғарырақ тығыздығы байқалады. Бұл фотогенерацияланған тасымалдаушылардың тиімді бөлінгенін және тотығу-тотықсыздану процесіне көбірек электрондар мен тесіктердің қатысатынын көрсетеді, ал бұл өз кезегінде катализатордың фотокаталитикалық белсенділігінің артуына алып келеді. Мотт-Шоттки графиктерінің оң көлбеулігі (3(ә) сурет) синтезделген STO-1, STO-2, STO-3 және STO-4 композиттерінің n-типті жартылай өткізгіштер екенін растайды.



Сурет 3. Фототок тығыздығы (а), Mott-Schottky графиктері (ә).

Синтезделген композиттер үшін ЛЕВ фотокаталитикалық ыдырауының эксперименттік деректері 4-суретте келтірілген. Фотокатализ сынақтары ультракүлгін және көрінетін жарық спектрінде 90 минут бойы жүргізілді. Дegrадация қисықтарынан көрінгендей, фотокатализаторсыз жүргізілген фотолитикалық ыдырау (фотолиз) 90 минут сәулелендіру барысында ластаушы заттың өздігінен ~40%-ға ыдырайтынын көрсетті. Ал STO-1 композитін қолданғанда процестің кинетикасы елеулі түрде жеделдеп, заттың концентрациясы нөлге дейін төмендейді. ЛЕВ 10 мг/л концентрациясымен деградациясының тиімділігі STO-1 композициясы үшін 97,35% құрады, ал STO-2, STO-3, STO-4 үлгілері үшін сәйкесінше 90,3%, 72,7% және 81,26% құрады (4 (а) сурет). STO-1 тиімділігінің жоғарылауы фотогенерацияланған заряд тасымалдаушыларды бөлу және тасымалдау үшін қолайлы жағдай жасай алатын құрылымдық сипаттамалардың оңтайлы үйлесімімен байланысты болуы мүмкін (Vinod Kumar et al., 2024).

Процестің оңтайлы параметрлерін анықтау үшін катализатор массасының STO-1 және ЛЕВ бастапқы концентрациясының фотокаталитикалық белсенділікке әсерін бағалау үшін эксперименттер жүргізілді. Дegrадацияның максималды тиімділігі 97,35%-ды құрайтыны және катализаторды 20 мг және ЛЕВ концентрациясын 10 мг/л жүктегенде қол жеткізілетіні анықталды (4(б, в) сурет).



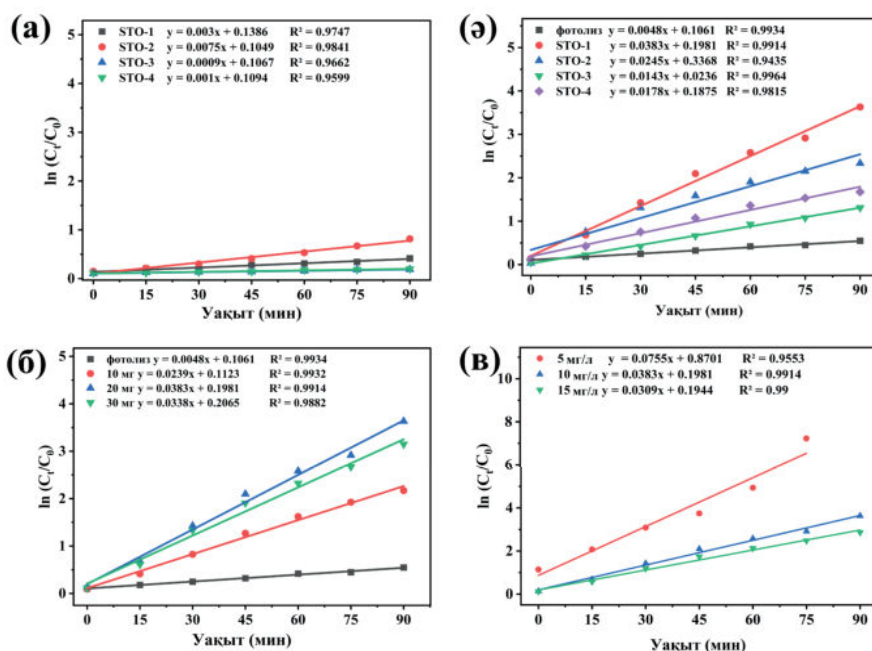
Сурет 4. Фотокаталитикалық ыдыраудың ЛЕВ-тің күйдіру температурасына тәуелділігінің графиктері (а) cut off сүзгісімен сынап шамында, (б) сынап шамы сәулесінде; STO-1 фотокатализатордың (б) 10 мг/л ЛЕВ концентрацияда жүктеу массалары бойынша, (в) 20 мг массалық жүктеу кезінде ЛЕВ концентрациясы бойынша.

Фотокаталитикалық ыдырау процесін сандық бағалау үшін псевдо бірінші ретті кинетикалық модель қолданылды (Heynderickx et al., 2020):

$$\ln \left(\frac{C_t}{C_0} \right) = kt \quad (2)$$

мұндағы k – жылдамдық константасы (мин^{-1}), C_0 және C_t – антибиотиктің бастапқы және ағымдағы концентрациясы

Алынған тәуелділіктерді талдау реакция жылдамдығының максималды константасы STO-1 үлгісіне тән екенін көрсетеді ($0,0383 \text{ мин}^{-1}$) (5-сурет). Фотокатализатор жүктемесінің фотокаталитикалық процесс жылдамдығына әсері зерттелді. Нәтижесінде, 20 мг жүктеме кезінде жылдамдық константасының ең жоғары мәні ($k = 0,0383 \text{ мин}^{-1}$) анықталды, 10 және 30 мг жүктемелерінде бұл көрсеткіш сәйкесінше $0,0239$ және $0,0338 \text{ мин}^{-1}$ құрады. Ұқсас кинетикалық тенденция жанасу бетінің ауданымен жарық сәулесін тиімді сіңіретін каталитикалық аймақтар санының пропорционалды ұлғаюына байланысты. Керісінше, салмағы 30 мг катализатор жүктелген кезде жылдамдық константасының төмендеуі байқалады, бұл оптикалық экрандаудың салдары болып табылады. Осылайша, фотокатализатордың салмағы 20 мг және ЛЕВ бастапқы концентрациясы 10 мг/л 90 минут ішінде антибиотиктің деградациясының $97,35\%$ -ын қамтамасыз етеді.



Сурет 5. Псевдо бірінші ретті модель бойынша композиттердің фотодеградациясының кинетикалық қисықтары.

Қорытынды. Қорытындылай келе, бұл мақалада 800–1100°С температура аралығында синтезделген SrTiO₃ фотокатализаторларының левофлоксациннің (ЛЕВ) фотокаталитикалық деградация тиімділігіне әсері зерттелді.

СЭМ деректері бөлшектердің шағын өлшемдері бар дамыған құрамның қалыптасуын көрсетеді, STO-1 композиті фототоктың максималды тығыздығымен сипатталады, бұл зерттелген үлгілер арасында фотогенерацияланған заряд тасымалдаушылардың ең тиімді бөлінуін көрсетеді.

ЛЕВ деградациясына арналған фотокаталитикалық сынақтар STO-1 композициясы сәулеленудің 90 минутында 97,35% максималды мәнге жеткенін көрсетеді. Процесті оңтайландыру барысында фотокатализатордың массасы мен антибиотик концентрациясының фотодеградация кинетикасына елеулі ықпал ететіні анықталды. Сонымен, ЛЕВ бастапқы концентрациясы 10 мг/л болғанда және фотокатализаторды 20 мг жүктегенде келесі нәтижелер алынды: STO-1 (97,35%), STO-2 (90,3%), STO-3 (72,7%), STO-4 (81,26%).

Алынған нәтижелер синтезделген фотокатализдік жүйелердің ағынды суларды фармацевтикалық ластаушылардан, соның ішінде антибиотиктерден тазартудағы жоғары қолданбалы әлеуетін айқын дәлелдейді. Аталған зерттеудің кейінгі даму келешегі бұл композиттердің регенерациялану қабілетін (тұрақтылығын) және нақты су экожүйелеріндегі табиғи жағдайдағы реакциялық белсенділігін кешенді бағалаумен айқындалады.

References

- Aravinthkumar K., Praveen E., Jacqueline Regina Mary A., Raja Mohan C. (2022). Investigation on SrTiO₃ nanoparticles as a photocatalyst for enhanced photocatalytic activity and photovoltaic applications. *Inorganic Chemistry Communications*. – Vol. 140. – P. 109451. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2022.109451> (in Eng.).
- Chen Y., Zhong Y., Diao Z., Chen D., Kong L. (2025). Photocatalytic generation of electron and hole for peroxymonosulfate activation to degrade levofloxacin over ZnO/ZnFe₂O₄ heterojunction. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. – Vol. 13. – P. 118233. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.118233> (in Eng.).
- Heynderickx P.M., Chaemchuen S., Verpoort F. (2020). Kinetic modeling of heterogeneous esterification reaction using initial reaction rate analysis: data extraction and evaluation of mass transfer criteria. *Data in Brief*. – Vol. 31. – P. 106027. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106027> (in Eng.).
- Iriani Y., Sandi D.K., Hikmah D.N., Afriani R., Nurosyid F., Handoko E., Faquelle D. (2024). Comparison study of aluminum (Al)-doped strontium titanate (SrAl_xTi_{1-x}O₃; x = 3 % and 5 %) photocatalyst for methylene blue degradation. *Materials Today: Proceedings*. – P. S2214785324001688. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2024.03.042> (in Eng.).
- Kaiya K., Ueki Y., Kawamoto H., Watanabe K., Yoshino S., Yamaguchi Y., Kudo A. (2024). Water splitting over transition metal-doped SrTiO₃ photocatalysts with response to visible light up to 660 nm. *Chemical Science*. – Vol. 15. – P. 16025-16033. <https://doi.org/10.1039/D4SC03978E> (in Eng.).
- Kuspanov Z., Serik A., Tattibay A., Baratov A., Abdikarimova U., Bissenova M., Yeleyov M., Sakhiyev S., Daulbayev C. (2024). Investigating and correlating the photocatalytic activity of synthesised strontium titanate nanopowder with calcination temperature. *Environmental Technology & Innovation*. – Vol. 36. – P. 103852. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103852> (in Eng.).
- Mathur P., Sanyal D., Dey P. (2021). The optimization of enzymatic oxidation of levofloxacin, a fluoroquinolone antibiotic for wastewater treatment. *Biodegradation*. – Vol. 32. – P. 467-485. <https://doi.org/10.1007/s10532-021-09946-x> (in Eng.).
- Odabasi Lee S., Moon H.S., Hong I., Lakhera S.K., Yong K. (2024). Hollow SrTiO₃ photocatalyst

with spatially separated OER and HER cocatalysts for photocatalytic overall water splitting. *Applied Surface Science*. – Vol. 665. – P. 160298. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2024.160298> (in Eng.).

Patial S., Hasija V., Raizada P., Singh P., Khan Singh A.A.P., Asiri A.M. (2020). Tunable photocatalytic activity of SrTiO₃ for water splitting: Strategies and future scenario. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. – Vol. 8. – P. 103791. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103791> (in Eng.).

Porrawatkul P., Pimsen R., Kuyyogsuy A., Rattanaburi P., Nuengmatcha P. (2024). Morphology-dependent photocatalytic performance of ZnO nanostructures in organic dye and antibiotic degradation. *International Journal of Environmental Science and Technology*. – Vol. 21. – P. 7397-7414. <https://doi.org/10.1007/s13762-024-05530-x> (in Eng.).

Rabuffetti F.A., Stair P.C., Poeppelmeier K.R. (2010). Synthesis-Dependent Surface Acidity and Structure of SrTiO₃ Nanoparticles. *The Journal of Physical Chemistry C*. – Vol. 114. – P. 11056-11067. <https://doi.org/10.1021/jp101727c> (in Eng.).

Saya L., Malik V., Gautam D., Gambhir G., Balendra, Singh W.R., Hooda S. (2022). A comprehensive review on recent advances toward sequestration of levofloxacin antibiotic from wastewater. *Science of The Total Environment*. – Vol. 813. – P. 152529. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152529> (in Eng.).

Serik A., Kuspanov Z., Bissenova M., Idrissov N., Yeleuov M., Umirzakov A., Daulbayev C. (2024). Effective photocatalytic degradation of sulfamethoxazole using PAN/SrTiO₃ nanofibers. *Journal of Water Process Engineering*. – Vol. 66. – P. 106052. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.106052> (in Eng.).

Vinod Kumar S., Prakash Babu D. (2024). “Perovskite SrTiO₃ for photo catalytic and optoelectronic applications.” *Materials Today: Proceedings*. – P. S2214785324001032. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2024.02.040> (in Eng.).

Wang J., Wang T., Zhao Z., Wang R., Wang C., Zhou F., Li S., Zhao L., Feng M. (2022). Regulation of oxygen vacancies in SrTiO₃ perovskite for efficient photocatalytic nitrogen fixation. *Journal of Alloys and Compounds*. – Vol. 902. – P. 163865. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2022.163865> (in Eng.).

Wang L., Lu Y., Wang S., Li M., Zhang L., Ma H. (2025). Efficient Photocatalytic Degradation of Tetracycline Over a Novel Dual Z-Scheme Bi₂O₃/ZnTiO₃-SrTiO₃ Composite Photocatalyst. *Langmuir*. – Vol. 41. – P. 5848-5859. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.4c04230> (in Eng.).

Xin X., Du S., Xiao Y., Zou H., Bao Y., Qi Y., Jin S., Feng Z., Zhang F. (2025). Facet-dependent spatial charge separation in a metal-doped SrTiO₃ photocatalyst with visible light utilization. *Chemical Communications*. – Vol. 61. – P. 15393-15396. <https://doi.org/10.1039/D5CC04308E> (in Eng.).

Xu T., Tang X., Qiu M., Lv X., Shi Y., Zhou Y., Xie Y., Naushad Mu., Lam S.S., Ng H.S., Sonne C., Ge S. (2023). Degradation of levofloxacin from antibiotic wastewater by pulse electrochemical oxidation with BDD electrode. *Journal of Environmental Management*. – Vol. 344. – P. 118718. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118718> (in Eng.).

Yang Z., Chen Y.-W., Jin Y.-F., Jin Z., Xie H.-S., Cong X.-S., Teng D.-G. (2024). Ni, Co-Embedded MOF-Derived N-Doped Bimetallic Porous Carbon for Adsorption-Photocatalytic Degradation of Organic Dyes and Antibiotics. *ACS Omega*. – Vol. 9. – P. 11356-11365. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c07420> (in Eng.).

Yuan Z., Guo M., Shi Q., Liang S., Chen Z., Wang S., Chen D., Jiang X., Wei F., Liang Z. (2024). Preparation and piezoelectric assisted photocatalytic degradation of BaTiO₃/SrTiO₃ nanocomposites. *Ceramics International*. – Vol. 50. – P. 34890-34900. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2024.06.299> (in Eng.).

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty)

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Requirements for articles design for publication in the journal are available on the websites:

www.nauka-nanrk.kz

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Managing Editor: T. Apendiev
Editors: D.S. Alenov, A. Shormakova
Computer layout: G.D. Zhadyranova

Signed for print: September 29, 2026
Format: 70×90 1/16. 34.5 printed sheets. Order No. 3.

*«Central Asian Academic Research Center» LLP
Almaty, Shevchenko Street, 28*